

MRI of the Breast: Techniques

가톨릭대학교 의과대학 방사선과학교실

김 학 희

서 론

유방의 자기공명영상(MRI)은 영상 대조도가 뛰어나고 해부학적 평가가 용이하여 객관적이며, 방사선 노출의 위험이 없고, 양측유방을 동시에 검사할 수 있는 장점이 있다. 따라서 기존의 단순유방촬영술이나 초음파검사가 가지고 있던 한계점을 해결할 수 있는 유용한 검사법으로 임상적 이용이 점차 증가되고 있다. 유방의 MRI 검사는 낭성, 교질성(colloid) 및 점액종성(myxomatous) 종양, 출혈성병소, 실리콘삽입물의 합병증 여부 등의 평가에는 매우 우수하나, 정상조직과 양성 및 악성조직 간의 신호강도가 상당히 중첩되는 경우가 많으므로 병소의 발견 및 감별진단이 불가능한 경우가 많다. 그러나 조영제의 사용으로 종양의 발견 및 악성과 양성의 감별력이 매우 향상되어 유방병소의 평가에 많은 도움을 주게 되었다. 또한 fast MRI의 개발에 따라 역동적 조영증강 기법이 가능하게 되었으며 이는 병소의 혈류역학적 평가 및 악성과 양성질환의 감별등에 이용되고 있다. 그러나 이러한 MRI 검사의 단점은 고가이며 진단 예민도는 높으나 특이도가 상대적으로 낮고, 미세석회화만 있는 병소등과 같은 비침윤성 유방암의 발견과 감별에는 아직 논란이 있다.

이러한 유방 MRI의 검사 시 고려해야 할 사항, 검사 방법 및 장단점, 적응증 등에 대하여 토의하고자 한다.

1. 표준영상기법 선택 시 고려할 사항

유방 MRI 검사의 이상적인 조건은 양측유방 전체를 스크리닝 할 수 있어야 하고, 촬영시간이 짧아서 역동적 조영증강 기법이 가능해야 하며, 신호 대 잡음비가 높아야 하고 시행이 쉬워야 한다. 따라서 표준영상기법 선택 시 고려할 사항은 다음과 같다.

1) 표면코일 (Surface Coil)

유방 MRI검사 시 초전도 high-field magnet(0.5-1.5T)과 표면코일이 필수적이다. 표면코일은 신호 대 잡음 비(signal to noise ratio)를 증가시키며 절편의 두께를 감소시킬 수 있고 제한된 시간 내에 얻는 영상의 해상도를 향상시킬 수 있다.

2) 영상부피 (Image Volume)

양측 유방을 충분히 포함시켜야 하며 double breast coil인 경우 FOV는 320 x 160 mm, single breast coil인 경우 FOV는 160 x 160 mm가 적합하다.

3) 시간 및 공간 해상력 (Temporal and Spatial Resolution)

제한된 빠른시간 (1-2분) 내에 충분한 in-plane resolution (less than 1.5mm)으로 thin slice thickness (less than 3 mm)가 가능한 방법을 선택한다.

4) 인공물 (Artifact)

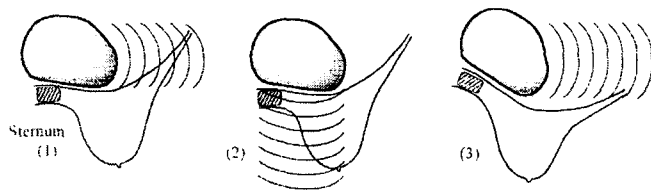
유방 MRI 검사 시 여러가지 인공물 (artifacts)이 발생할 수 있는데 motion artifact와 cardiac artifact가 큰 요인을 차지한다. Motion은 blurring 과 artifact를 일으켜 small mass는 skip 될 수도 있다. 따라서 이러한 인공물을 최소화 시켜야 하는데 motion artifact 는 prone position과 compression device 또는 compression coil을 이용하여 줄일 수 있고, cardiac artifacts는 영상절단면(image plane)과 병소의 위치에 따라 phase encoding 방향을 적절히 바꾸어줌으로써 감소시킬 수 있다 (Fig.1).

5) Imaging Plane

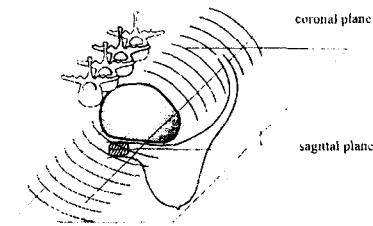
영상면의 선택 시 다음의 몇 가지 사항을 고려하여 선택하여야 한다.

(1) Axial planes: 유선과 같은 해부학적 구조물과의 연관성을 평가하기 좋다. (2) Sagittal planes: 해부학적 구조물과의 연관성을 평가하기 좋으며 cardiac motion artifact를 최소화할 수 있으나, 일측 유방만을 검사할 수 있다.

(3) Coronal planes: 유선 내의 작은 병소를 찾는데 있어서 partial volume



A



B

Fig.1. Cardiac Artifacts. A. On axial images, cardiac artifacts either cross the axilla (1) or the left breast (2). This may be avoided with single breast examinations of the patient is slightly turned (3). B. In the coronal or sagittal plane, cardiac artifacts run along the body axis and cross neither the axilla nor the breast.

effects를 최소화할 수 있으며 cardiac artifact를 피할 수 있으나, 해부학적 평가가 어렵다.

2. 영상기법

Pulse Sequence의 선택 시 고려해야 할 점은 (1) 영상획득시간이 빨라서 (1-2 min) 역동적 조영증강 기법이 가능해야 하며 (2) 제한된 시간 내에 많은 수의 절편을 얻을 수 있어야 하며 (32-64 slices) (3) 절편의 두께가 얇아야 하고 (2-4 mm) gab이 없으며 (4) 신호 대 잡음비가 높고 (5) 조영증강 효과가 좋고 (6) 유방 전체를 다 포함시키고 (7) 시행이 손쉬운 방법을 택해야 한다.

중요한 pulse techniques에는 Spine-echo sequence와 Gradient-echo sequence가 있는데 dynamic study를 위해서는 fast scan 이 가능한 Gradient-echo sequence를 사용한다. 현재 권장되는 방법은 이상의 조건에 가장 충족되는 fast 3D gradient CE-MRI (3D FLASH, 3D SPGR) with subtraction technique이다.

1) Gradient-Echo Sequences

Gradient-echo sequences 에는 FLASH (Fast Low Angle Shot, Siemens), SPGR (Spoiled Gradient Recall, GE); FISP (Fast Imaging with Steady Precession, Siemens), GRASS (Gradient Recall Acquisition in a Steady

State mode, GE), FFE (Fast-Field Echo, Philips) 등이 있다. 이들의 장점은 짧은 시간에 많은 영상 수를 얻을 수 있어서 역동적 조영증강 기법이 가능하고, 신호 대 잡음비가 높으며 조영증강효과가 좋다.

2) Fat-Suppression Techniques

Fat-suppression techniques에는 RODEO (Rotating Delivery of Excitation Off-resonance imaging), STIR (Short T1 Inversion Recovery), FAT-SAT 등의 방법이 있다. 이 방법의 장점은 지방조직의 신호강도를 감소시켜 조영증강 효과를 증강시키는 것이다. 반면에 단점으로는 자기화율 (magnetic susceptibility)이 증가되어 artifacts를 발생시킬 수 있고 영상획득 시간이 증가하여 절편의 수가 감소되며 field inhomogeneity가 생기면 조영증강되는 병소가 가려지거나 가성 조영증강 병소가 나타날 수 있다.

3) Techniques for Silicone Implants

유방에 사용되는 implant의 종류는 다양하나 현재까지 silicone implant가 가장 많이 사용되었다. Silicone implants의 파열, 합병증 여부의 평가에는 여러가지 기법을 이용할 수 있다. 그러나 silicon과 fat, water는 resonance frequency가 비슷하고 특히 fat과 silicone은 100 Hz 차이밖에 나지 않는다. 따라서 fat suppression을 할 경우 silicone도 suppression 될 수 있다. Silicone implant rupture를 진단할 때 가장 좋은 technique은 fat과 water가 suppression 되는 inversion recovery fast spin echo with water suppression 또는 silicone only image 인 3-point Dixon image가 좋다. 각 pulse sequence에 따른 silicone, fat, water의 signal intensity는 다음과 같다.

Pulse sequence	Silicone	Fat	Water
Fast spin-echo(FSE) T2-WI (TR/TE, 5000/200)	High	Medium	Very high
FSE with water suppression	High	Medium	Low
IR FSE(TR/TE, 5000/90; T1, 150)	High	Low	Very high
IR FSE with water suppression	High	Low	Low
3-point Dixon, silicone only	High	None	None

3. 검사 방법

MRI 시행 시 검사시기는 생리주기 2nd ~3rd week, 유방수술 후 적어도 3개월 이후, 방사선치료 후 6개월 이후에 시행하는 것이 좋고, 임신, 수유기나 호르몬치료 (HRT) 받는 중에는 가성 조영증강 병소로 인해 시행하지 않는 것이 바람직하다. 또한 검사 시 단순유방촬영술이나 초음파 검사와 같은 전에 시행한 모든 검사 및 완벽한 임상 정보를 가지고 시행한다.

환자는 surface coil에 옆드린 자세로 눕는다 (Fig. 2). 우선 T1 & T2-WI 와 proton density image를 얻은 후 조영제를 주입하여 역동적 조영증강기법을 시행한다. 조영제 사용량은 0.1 ~ 0.2 mmol/kg body weight로 bolus IV injection을 하고 약 1 분 간격으로 2-3번의 조기 조영증강 영상과 6-8분의 지연영상을 얻는다.

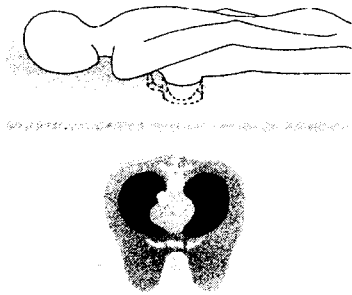


Fig. 2. Patient positioning.
The patient lies on the double breast coil with a straight prone position.

4. 영상의 평가

1) Qualitative and Quantitative Evaluation of Contrast Enhancement

병소의 조영증강 정도를 질적 및 양적으로 평가해야 하는데 여기에는 subtraction technique과 time enhancement profile방법이 있다.

Subtraction Technique for Qualitative Evaluation

조영증강 T1강조영상을 얻은 후 조영증강되는 병소를 좀더 쉽고 정확히 알기 위하여 감산기법(subtraction technique)을 이용해야 한다. 감산영상(subtraction image)은 다음과 같이 얻을 수 있다 (Fig. 3).



Fig. 3. Subtraction technique.

(postcontrast image) - (precontrast image) + constant = "subtraction image"

Time Enhancement Profile for Quantitative Evaluation

조영증강된 병소의 시각적 평가 뿐 아니라 객관적인 양적 평가가 필요하다. 양적인 평가는 조영증강 정도(amount of enhancement)와 속도(speed of enhancement)를 time-intensity curve 로 나타낼 수 있다. 이때 조영증강된 부위에 ROI (region of interest)를 그려야 하는데 ROI의 크기, 모양, 위치에 따라 curve에 큰 영향을 줄 수 있다. ROI를 사용한 time-intensity curve의 단점은 operator dependent, 재현성 부족, partial volume effect의 가능성 등이다.

2) Morphological Evaluation

조영증강 여부, 양, 속도 외에도 병소의 모양 또한 중요하다. MRI상 모양은 단순유방촬영술상의 모양과 유사하다. MRI는 단순유방촬영상과는 달리 단면상이므로 겹치는 부분이 없어서 더욱 정확하게 병소의 범위, 성장양상, 유관과의 관계 및 내부구조를 잘 파악할 수 있어서 감별진단에 매우 중요한 역할을 한다.

3) Three Dimensional Reconstruction Techniques

MRI의 영상 수는 양이 상당히 많고 병변의 유방 내 위치와 상호 위치 관계를 머릿속에서 재구성하기가 쉽지않다. 따라서 이미 가지고 있는 영상 데이터를 이용하여 three-dimensional shaded-surface display (3D SSD) 와 maximal projection intensity technique (MIP) 의 3차원 재구성 영상을 얻을

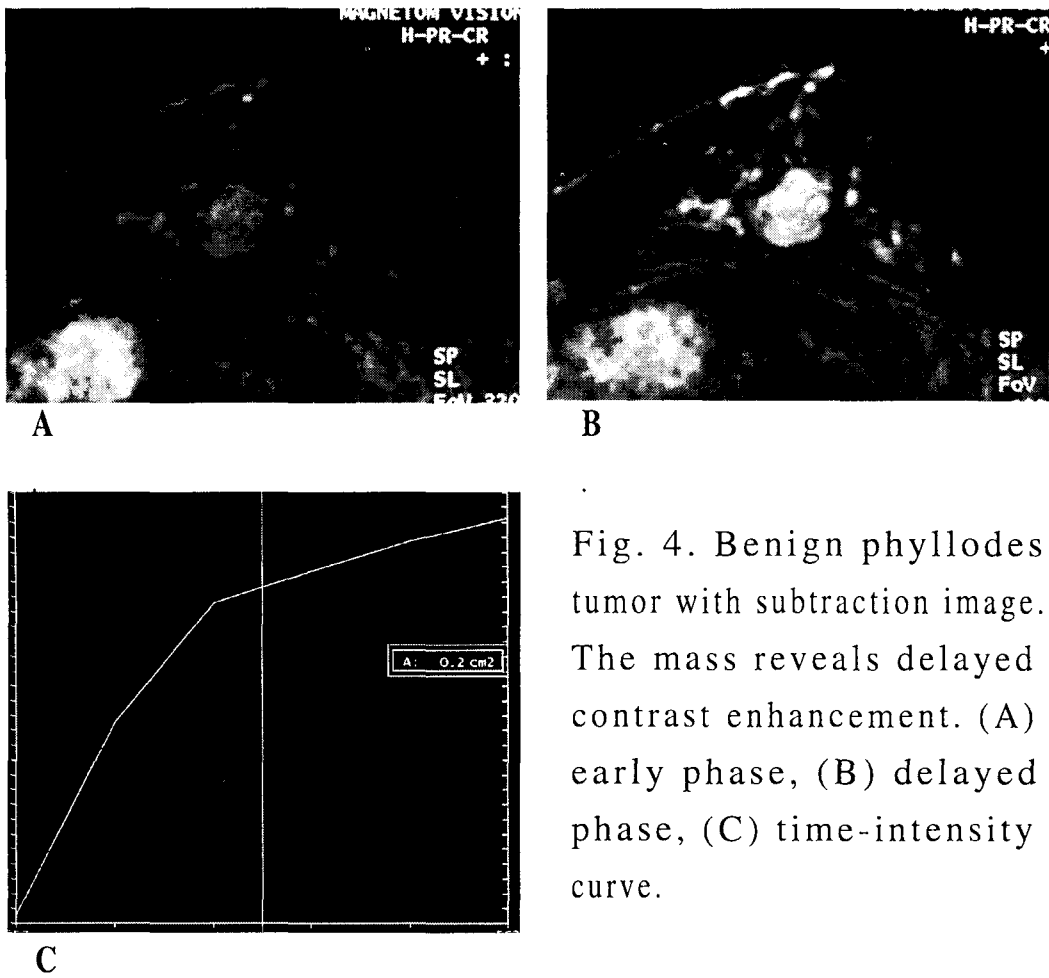
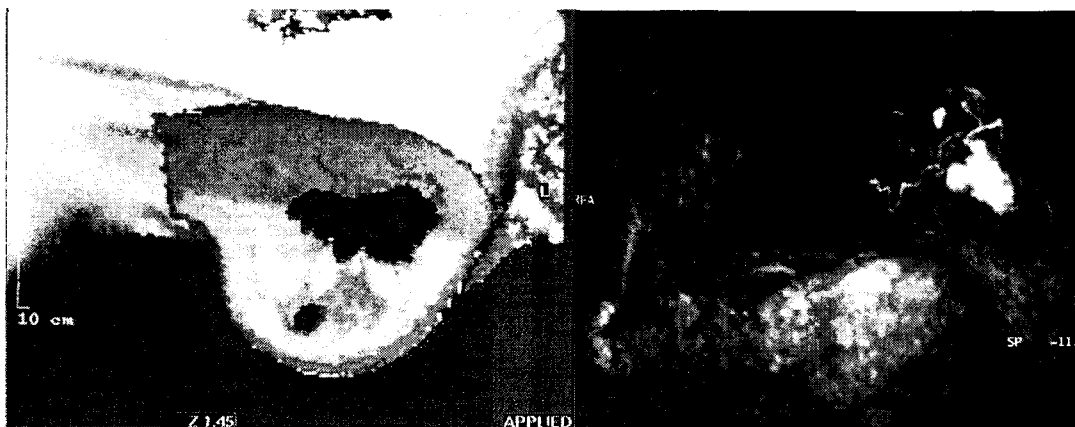


Fig. 4. Benign phyllodes tumor with subtraction image. The mass reveals delayed contrast enhancement. (A) early phase, (B) delayed phase, (C) time-intensity curve.

수 있다. 이러한 3차원 영상은 임상과의 communication, 특히 외과의사의 수술 전 수술방법 결정에 도움을 줄 뿐만 아니라 작은 혈관과 조영증강된 작은병소의 감별에도 도움을 준다.



Cut-plane SSD

MIP

5. Indications

유방 MR 검사의 적응증은 다음과 같다.

1. 유방절제술 후 실리콘 삽입물을 넣었거나 미용적 확대수술을 한 환자에서 국소적 재발이나 삽입물 합병증 여부를 알아보기 위하여.
2. 단순유방촬영술과 초음파 검사로 진단하기 힘든 경우
 - (a) 유방보존수술 후 유방의 검사
 - (b) 다초점성 (multifocality)과 다발성 (multi-centricity), 그리고 양측성 유방암의 여부
 - (c) 원발암을 모르는 액와 임파선 전이암이 발견되었을 때, 특히 전이암에서 호르몬수용체가 양성일 때.
 - (d) 광범위한 수술 후 반흔이 있을 때.

interstitial mammoplasty한 사람

3. 유전적으로 유방암 발생 가능성이 높은 사람

결 론

유방 MRI 검사는 유방질환을 찾고 평가하는데 객관적이고 가장 예민한 검사법으로 많은 잠재력을 가지고 있는 검사법이다. 현재 implants평가와 implant rupture의 진단, interstitial mammoplasty환자에서 병소의 유무 및 진단, 유방암의 범위 평가와 staging, 유방보존술 후 재발여부 감시, 그리고 치료반응의 평가등에 가장 정확한 방법으로 임상적으로 이용되고 있다. 향후 유방 MRI의 임상적 역할의 확대와 적절한MR pulse sequences의 결정하는데 더 많은 실험과 임상적 연구가 필요하다. 또한 MRI에서 발견된 병변의 조직학적 진단을 위한 쉽고 간편한 MR-guided biopsy의 개발이 요구된다.

참 고 문 헌

1. Heywang-Kobrunner SH. Contrast-enhanced MRI of the breast. Invest Radiol 1994;29:94-104
2. Friedrich M. MRI of the breast: state of the art. Eur. Radiol 1998; 8: 707-725

3. Mund DF, Farria DM, Gorczyz DP, et al. MR imaging of the breast in patients with silicone-gel implants: spectrum of findings. *AJR* 1993;161:773-778
- Kaiser WA, Zeitler E. MR imaging of the breast: fast imaging sequences with and without Gd-DTPA. *Radiology* 1989;170:681-686
4. Revel D, Brasch RC, Paajanen H, et al. Gd-DTPA contrast enhancement and tissue differentiation in MR imaging of experimental breast carcinoma. *Radiology* 1986;158:319-323
5. Monticciolo DL, Nelson RC, Dixon WT, et al. MR detection of leakage from silicone breast implants: value of a silicone-selective pulse sequence. *AJR* 1994; 163:51-56
6. Alder DD, Wahl RL. New methods for imaging the breast: techniques, findings and potential. *AJR* 1994;164:19-30
7. Santyr GE. MR imaging of the breast. *MRI clinics North Am* 1994;2(4):673-690
8. Gilles R, Guinebretiere JM, Lucidarme O, et al. Nonpalpable breast tumors: diagnosis with contrast-enhanced subtraction dynamic MR imaging. *Radiology* 1994;191:625-631
9. Heywang-Kobrunner SH, Berk R. Contrast-enhanced MRI of the breast. Berlin; Springer. 1995.
10. Harms SE, Flamig DP. MR imaging of the breast. *J Magn Res* 1993;3:277-283
11. Gille R, Zafrani B, Guinebretiere JM, et al. Ductal carcinoma in situ: MR imaging histopathologic correlation. *Radiology* 1995;196:415-419
12. Greenstein Orel S, Mendonca MH, Reynolds C, et al. MR imaging of ductal carcinoma in situ. *Radiology* 1997;202:413-420
13. Harms SE. Integration of breast MRI with breast cancer treatment. *Topics in MRI* 1998;9:79-91
14. Kuhl KK, Mielcareck P, Klaschik S, Leutner C et al. Dynamic breast MR imaging: are signal intensity time course data useful for differential diagnosis of enhancing lesion? *Radiology* 1999;211:101-110